

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-248403

(43)Date of publication of application : 26.09.1995

(51)Int.Cl.

G02B 3/00

(21)Application number : 06-041303

(71)Applicant : RICOH OPT IND CO LTD

(22)Date of filing : 11.03.1994

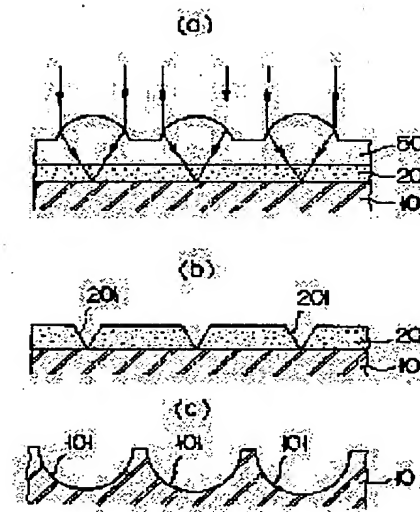
(72)Inventor : UMEKI KAZUHIRO
SATO MASAOKI

(54) OPTICAL DEVICE AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a new optical device having recessed face formed by utilization of etching.

CONSTITUTION: A layer of photoresist 20 is formed on a device material 10 and the photoresist 20 is exposed and developed to form specified recesses 201 in the photoresist layer 20. With the obtd. recesses 201 as a starting shape; the photoresist layer 20 and the device material 10 are subjected to isotropic etching to form concave shape 101 in the device material according to the recesses 201.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3566331

[Date of registration]

18.06.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical device manufacture approach characterized by to perform exposure and development to the layer of the above-mentioned photoresist of the device ingredient formed in the front face in the layer of a photoresist, to form a predetermined concave surface configuration in the layer of the above-mentioned photoresist, to make the above-mentioned concave surface configuration into a start configuration, to perform isotropic etching to the layer and the device ingredient of a photoresist, and to form the concave bend side configuration according to the above-mentioned concave surface configuration in the above-mentioned device ingredient.

[Claim 2] Exposure and development are performed to the layer of the above-mentioned photoresist of the device ingredient formed in the front face in the layer of a photoresist. Form a predetermined concave surface configuration in the layer of the above-mentioned photoresist, and an anisotropy is etched to the layer and device ingredient of a photoresist. Form the 2nd concave surface configuration where the above-mentioned concave surface configuration was deepened to the device ingredient side, and the above-mentioned 2nd concave surface configuration is made into a start configuration. The optical device manufacture approach characterized by performing isotropic etching to the layer and device ingredient of the above-mentioned photoresist, and forming the concave bend side configuration according to the above-mentioned 2nd concave surface configuration in the above-mentioned device ingredient.

[Claim 3] The predetermined mask pattern by the etching-proof nature ingredient is minded. The layer of a photoresist Exposure and development are performed to the layer of the above-mentioned photoresist of the device ingredient formed in the front face. Form a predetermined concave surface configuration in the layer of the above-mentioned photoresist, and an anisotropy is etched to the layer and device ingredient of a photoresist. The optical device manufacture approach characterized by forming the 2nd concave surface configuration where the above-mentioned concave surface configuration was deepened to the device ingredient side, performing isotropic etching to a device ingredient by making the above-mentioned 2nd concave surface configuration into a start configuration, and forming the concave bend side configuration according to the above-mentioned 2nd concave surface configuration in the above-mentioned device ingredient.

[Claim 4] Patterning of the predetermined pattern is carried out to the above-mentioned mask layer of the device ingredient formed in the front face in the mask layer containing the ingredient which bars etching. Make the front face of a device ingredient expose according to the above-mentioned pattern, and etching of isotropy or an anisotropy is performed to the above-mentioned device ingredient. The optical device manufacture approach characterized by performing isotropic etching and forming the concave bend side configuration according to the above-mentioned start configuration in the above-mentioned device ingredient by making the above-mentioned concave surface configuration into a start configuration after forming the concave surface configuration according to the above-mentioned pattern and removing the above-mentioned mask layer.

[Claim 5] As opposed to the layer of the above-mentioned photoresist of the device ingredient formed in the front face in the layer of a photoresist by the photolithography Form the shape of predetermined

surface type, etch an anisotropy to the above-mentioned photoresist layer and a device ingredient, engrave a device ingredient with the shape of above-mentioned surface type, and a counterpart and the configuration by which the engraving copy was carried out are made into a start configuration. The optical device manufacture approach characterized by performing isotropic etching to a device ingredient and forming the concave bend side configuration according to the above-mentioned start configuration in the above-mentioned device ingredient.

[Claim 6] The optical device manufacture approach which makes isotropic etching to a start configuration dry etching, and is characterized by changing the reaction chamber internal pressure under etching gradually and/or continuously in the optical device manufacture approach claims 1 or 2, 3 or 4, or given in five.

[Claim 7] The optical device manufactured by the optical device manufacture approach claim 1, 2 or 3, 4 or 5, or given in six.

[Claim 8] The optical device which comes to form the reflective film in the concave bend side configuration formed in the device ingredient by the optical device manufacture approach claim 1, 2 or 3, 4 or 5, or given in six.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to an optical device and the optical device manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] The method of using etching is learned as an approach of generating the refracting interface and reflector in the micro optical system which makes a micro lens the example of a type (for example, JP,5-173003,A).

[0003] The creation of the minute curved surface using etching is the latest technique comparatively, large possibility is hidden and active ED is expected.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention aims at offer of the new optical device which formed the concave surface using etching (claims 7 and 8).

[0005] another object of this invention -- the above -- it is in offer of the new optical device manufacture approach for manufacturing a new optical device (claims 1-6).

[0006]

[Means for Solving the Problem] "The device ingredient formed in the front face in the layer of a photoresist" is used for the "optical device manufacture approach" of invention according to claim 1. In a "device ingredient" and this description, the ingredient matter which serves as an actual condition

part of an "optical device" eventually is meant. A device ingredient can be especially used without a limit, if it is the solid-state which can be etched. For example, if it is the case where Japanese lacquer and the optical device using an echo will be manufactured using suitably glass, plastics, Si, the ceramics, a single crystal ingredient, etc. in a device ingredient if it is the case where what uses refraction as an optical device is manufactured, ceramic ingredients other than the various above-mentioned ingredients, such as various metals, and the metallic material and amorphous metals of Si, such as a super-steel alloy, SiC, Si₃N₄, SiAlON, can be used.

[0007] Exposure and development are performed to the layer of the above-mentioned photoresist, and "a predetermined concave surface configuration" is formed in the layer of a photoresist. Then, the above-mentioned concave surface configuration is made into a "start configuration", "isotropic etching" is performed to the layer and device ingredient of a photoresist, and the concave bend side configuration according to the above-mentioned concave surface configuration is formed in a device ingredient.

[0008] The "optical device manufacture approach" of invention according to claim 2 uses "the device ingredient formed in the front face in the layer of a photoresist." Exposure and development are performed to the layer of the above-mentioned photoresist, and "a predetermined concave surface configuration" is formed in the layer of a photoresist. Subsequently, "an anisotropy is etched" to the layer and device ingredient of a photoresist, and the "2nd concave surface configuration" where the above-mentioned concave surface configuration was deepened to the device ingredient side is formed.

[0009] Then, "isotropic etching" is performed to the layer and device ingredient of a photoresist by making the 2nd concave surface configuration into a start configuration, and the concave bend side configuration according to the above-mentioned 2nd concave surface configuration is formed in a device ingredient.

[0010] "The device ingredient formed in the front face in the layer of a photoresist through the predetermined mask pattern by the etching-proof nature ingredient" is used for the "optical device manufacture approach" of invention according to claim 3. That is, the predetermined mask pattern by the pair etching nature ingredient is formed in the front face of a device ingredient, and a photoresist layer is formed on this mask pattern.

[0011] Exposure and development are performed to the layer of the above-mentioned photoresist, and "a predetermined concave surface configuration" is formed in the layer of a photoresist.

[0012] Subsequently, an anisotropy is etched to the layer and device ingredient of a photoresist, and the "2nd concave surface configuration" where the above-mentioned concave surface configuration was deepened to the device ingredient side is formed. Since a "mask pattern" intervenes between the layer of a photoresist, and a device ingredient, and a mask pattern is etching-proof nature and it is not etched, the "2nd concave surface configuration" formed of etching of an anisotropy can become a different thing from the 2nd concave surface configuration in invention according to claim 2.

[0013] Then, "isotropic etching" is performed to a device ingredient by making the 2nd concave surface configuration into a start configuration, and the concave bend side configuration according to the above-mentioned 2nd concave surface configuration is formed in a device ingredient. At this time, a mask pattern may be removed if needed.

[0014] "The device ingredient formed in the front face in the mask layer containing the ingredient which bars etching" is used for the "optical device manufacture approach" according to claim 4. To the above-mentioned mask layer, patterning of the predetermined pattern is carried out and it carries out "exposing the front face of a device ingredient according to the above-mentioned pattern."

Subsequently, etching of isotropy or an anisotropy is performed to a device ingredient, and the concave surface configuration according to the above-mentioned pattern is formed. Then, a mask layer is removed, "isotropic etching" is performed by making the above-mentioned concave surface configuration into a start configuration, and the concave bend side configuration according to the above-mentioned start configuration is formed in a device ingredient.

[0015] "The device ingredient formed in the front face in the layer of a photoresist" is used for the "optical device manufacture approach" according to claim 5.

[0016] To the layer of a photoresist, by the photolithography, "the shape of predetermined surface type" is formed, an anisotropy is etched to a photoresist layer and a device ingredient, and the shape of above-mentioned surface type is carved and copied into a device ingredient.

[0017] "Isotropic etching" is performed to a device ingredient by making "the configuration by which the engraving copy was carried out" into a start configuration, and the concave bend side configuration according to a start configuration is formed in a device ingredient.

[0018] In the optical device manufacture approach of above-mentioned claim 1 - 5 publication, the "optical device manufacture approach" according to claim 6 makes "dry etching" isotropic etching performed to a start configuration, and changes the reaction chamber internal pressure under etching gradually and/or continuously.

[0019] In the optical device manufacture approach of one to these claims 6 publication, the concave bend side configuration formed in a device ingredient can be used as a "refracting interface configuration" or a "reflector configuration." In addition, in the optical device manufacture approach of the one to claim 6 above-mentioned publication, one or 2 or more are sufficient as the concave bend side configuration formed in a device ingredient, and when forming two or more concave bend side configurations, it can form these in an array array configuration.

[0020] Moreover, to the cylinder side of concave, the deformation cylinder side of concave, and a pan, various configurations of the concave bend side configuration formed in a device ingredient, such as an ellipsoid of revolution of concave, are possible for the concave spherical surface or the aspheric surface of concave from the first.

[0021] As "a device ingredient formed in the front face in the mask layer containing the ingredient which bars etching" in the optical device manufacture approach of the claim 4 above-mentioned publication SiO₂ film can be prepared in "device ingredient which formed Si (100) side selectively or it comes to grind in respect of having Si (100) side" up, the layer of a photoresist can be prepared on it, and what used SiO₂ film and the layer of a photoresist as the mask layer" can be used.

[0022] An "optical device" according to claim 7 is an optical device manufactured by the optical device manufacture approach according to claim 1 to 6. By the optical device manufacture approach according to claim 1 to 6, when the device ingredient which has a concave bend side configuration formed is "a transparent ingredient", the concave bend side configuration formed can be used as a negative refracting interface, and as an "optical device", it can use as a micro concave lens, a micro concave lens array, etc. (when a concave bend side configuration is formed in the shape of an array). Of course, it is also possible to form a convex surface configuration in the same device ingredient combining a concave bend side configuration, and to combine these with it as a refracting interface of concave and a convex.

[0023] Moreover, by forming the reflective film in the concave bend side configuration formed by the optical device manufacture approach according to claim 1 to 6, it can use as a "concave reflector" (claim 8), and can use as a micro concave mirror, a micro concave mirror array, etc. as an optical device.

[0024] When ceramic ingredients, such as a metallic material and amorphous metals of Si, such as the above-mentioned super-steel alloy, SiC, Si₃N₄, and SiAlON, are used as a device ingredient, an optical device according to claim 7 can be used as a "die" for forming the convex surface configuration which reversed the formed concave bend side configuration.

[0025] Moreover, as for isotropic etching, it is desirable that it is physical etching of ECR plasma etching, RIE, etc.

[0026]

[Function] Like the above, in this invention, first, the concave surface configuration as a "start configuration" is formed, and the concave bend side configuration made into the object is formed in a device ingredient by performing "isotropic etching" to this concave surface configuration. Therefore, the

creation of an extensive concave bend side configuration becomes possible by "put together as the concave surface configuration as a start configuration, and isotropic etching."

[0027] By isotropic etching, since etching advances uniformly in all the directions, a "rectangle" and the concave surface configuration of a "wedge action die" are the processes of the change, for example, although the cross section changes [the cross-section configuration] with isotropic etching to the curved-surface configuration of a "radii configuration", and since various concave bend side configurations appear, various concave bend side configurations are realizable with the etching time of isotropic etching.

[0028] Or like invention according to claim 6, isotropic etching can be made into dry etching and the more extensive concave bend side configuration for changing reaction chamber internal pressure gradually and/or continuously can be realized.

[0029] In addition, a start configuration is determined experimentally and/or theoretically according to the concave bend side configuration (a path, a pitch, depth) made into the object, a substrate ingredient, etching conditions, etc.

[0030]

[Example] Hereafter, a concrete example is explained. Drawing 1 is drawing for explaining the example which applied the optical device manufacture approach according to claim 1 to manufacture of the array of the micro lens of negative refractive power.

[0031] In drawing 1 (a), the device ingredient shown with a sign 10 is parallel plate-like in a transparent optical material, and the layer of the photoresist 20 of a positive is formed in the flat field of one of these.

[0032] Although exposure and development are performed in the layer of a photoresist 20 and a predetermined concave surface configuration is first formed in the layer of a photoresist 20 by the optical device manufacture approach according to claim 1 Although the micro-lens array 50 currently exposed using the micro-lens array 50 comes to carry out the array array of the refracting interface of a convex and is not illustrated by one side of a parallel plate-like transparence plate, parts other than a refracting interface are having the light-shielding film formed in the example of drawing 1 , as shown in drawing 1 (a).

[0033] From the upper part of the micro-lens array 50, if homogeneity light is irradiated, it will be condensed by operation of a refracting interface, and the light which carried out incidence to each refracting interface will serve as the convergence flux of light, and will carry out incidence to the layer of a photoresist 20. The micro-lens array 50 is close to the front face of the layer of a photoresist 20, and is arranged on it, and the thickness of the layer of a photoresist 20 is set up so that the convergence flux of light by the above-mentioned refracting interface may condense exactly into the interface part of the layer of a photoresist 20, and the front face of the device ingredient 10.

[0034] Thus, if it exposes, negatives will be developed and the exposed part in a photoresist 20 will be removed. Then, as shown in drawing 1 (b), the concave surface configuration 201 of a V character mold is formed for a cross section. This concave surface configuration 201 is the concave surface of "the shape of a earthenware mortar which made the conical surface reverse."

[0035] If "isotropic etching" is performed by making the concave surface configuration 201 of "the shape of this earthenware mortar" into a "start configuration", as shown in drawing 1 R> 1 (c), the concave spherical-surface configuration 101 can be formed as the shape of surface type of the device ingredient 10 as a "concave bend side configuration" according to the "earthenware mortar-like concave surface configuration" which is a start configuration. Thus, the micro concave lens array which uses the concave spherical-surface configuration 101 as a refracting interface is obtained (claim 7).

[0036] If the reflective film is formed in the above-mentioned concave spherical-surface configuration 101, it can be used as a micro concave mirror array (claim 8).

[0037] In addition, in drawing 1 , it will be understood easily that the array of the cylinder side of concave can be formed in the direction which intersects perpendicularly the refracting interface of the

convex in the micro-lens array 50 with the drawing of drawing 1 (a) at a long cylinder side, then the device ingredient 10. Of course, it cannot be overemphasized that the reflective film may be formed in the cylinder side of such concave.

[0038] Drawing 2 is drawing for explaining the example which applied the optical device manufacture approach according to claim 2 to manufacture of the array of the micro lens of negative refractive power.

[0039] By the optical device manufacture approach according to claim 2, as well as the case of the optical device manufacture approach according to claim 1 based and explained to drawing 1, "the device ingredient formed in the front face in the layer of a photoresist" is used, exposure and development are performed to the layer of a photoresist, and a predetermined concave surface configuration is formed in the layer of the above-mentioned photoresist. Therefore, it is the same as the case of the optical device manufacture approach according to claim 1 until the above-mentioned predetermined concave surface configuration is formed in the layer of a photoresist.

[0040] Then, also in this example, suppose that it is the same as that of the process of (a) in the example of drawing 1, and (b) until it forms a predetermined concave surface configuration in the layer of a photoresist.

[0041] If a predetermined curved-surface configuration is formed in the layer of a photoresist 20 as shown in drawing 1 (b), next, an anisotropy will be etched to the layer and the device ingredient 10 of a photoresist 20, the above-mentioned concave surface configuration (part shown with the sign 201 of drawing 1 (b)) will be deepened to the device ingredient 10 side, and the 2nd concave surface configuration 202 of **** shown in drawing 2 (a) will be formed.

[0042] Then, if "isotropic etching" is performed to the layer and the device ingredient 10 of a photoresist 20 by making the 2nd concave surface configuration 202 into a start configuration, as shown in drawing 2 (b), the concave bend side configuration 102 according to the 2nd concave surface configuration 202 can be formed in the device ingredient 10.

[0043] In this example, a photoresist 20 differs in the etch rate to isotropic etching from the device ingredient 10, and the formed concave bend side configuration 102 is the "aspheric surface configuration" where the curvature near the crowning is strong.

[0044] Drawing 3 is drawing for explaining the example which applied the optical device manufacture approach according to claim 3 to manufacture of the array of the micro lens of negative refractive power.

[0045] By the optical device manufacture approach according to claim 3, "the device ingredient formed in the front face in the layer of a photoresist through the predetermined mask pattern by the etching-proof nature ingredient" is used.

[0046] In this example, the layer of a photoresist 20 is formed in the field of one side of the parallel plate-like device ingredient 10 which is a transparent optical material through the predetermined mask pattern 30 by the etching-proof nature ingredient. A mask pattern is a pattern which has opening corresponding to the array of the refracting interface of the convex of the micro-lens array 50.

[0047] If a homogeneity light exposure is performed through the micro-lens array 50, the layer of a photoresist 20 is exposed and negatives are developed, as shown in drawing 3 (b), the predetermined concave surface configuration 201 will be formed in a photoresist 20. The process so far is the same as that of the case of the example of drawing 1.

[0048] As an anisotropy is etched to the layer and the device ingredient 10 of a photoresist 20 and it is shown in drawing 3 (c) from this condition, the 2nd concave surface configuration 203 where the concave surface configuration 201 was deepened to the device ingredient 10 side is formed. At this time, a mask pattern 203 has the resistance over anisotropic etching, and is not etched.

[0049] If "isotropic etching" is performed to the device ingredient 10 by making the 2nd concave surface configuration 203 into a start configuration after removing a mask pattern 30, as shown in drawing 3 (d), the concave bend side configuration 103 according to the 2nd concave surface

configuration 203 can be formed in the device ingredient 10.

[0050] When a start configuration has the shape of a cylinder which made the point the shape of a cone, the formed concave bend side configuration 103 is the "aspheric surface configuration" where the curvature near the crowning is strong.

[0051] From now on, claim 2 and the optical device manufacture approach of three publications will be suitable for manufacture of an optical device with the aspheric surface configuration of concave so that clearly. Of course, the array of a deformation cylinder side where a cross-section configuration is given to a long cylinder side, then a long device ingredient in drawing 2 (b) and the field configuration of drawing 3 (d) is acquired in the direction which **** the refracting interface in the micro-lens array 50 on the drawing of drawing 3 (a).

[0052] It is these drawing 2 and the example shown in 3, and a reflector is formed in the concave bend side configuration formed in the device ingredient, and, of course, it can be used for it as a micro concave mirror array.

[0053] Drawing 4 is drawing for explaining the example of the optical device manufacture approach according to claim 4.

[0054] By the optical device manufacture approach according to claim 4, "the device ingredient formed in the front face in the mask layer containing the ingredient which bars etching" is used. In drawing 4 (a), device ingredient 10A consists of Si ingredients, and has the smooth field which formed Si (100) side selectively or was ground in respect of having a field selectively (100).

[0055] SiO₂ film is prepared on the above-mentioned (100) field of such device ingredient 10A, the layer of a photoresist is prepared on it, and mask layer 20A consists of these SiO(s)₂ film and a layer of a photoresist.

[0056] Patterning of the predetermined pattern (the shape of a slit [The example of drawing]) is carried out, and the front face of a device ingredient is made to expose to mask layer 20A according to a pattern.

[0057] In this condition, "anisotropic etching" is performed with the anisotropy etching reagent which consists of an oxidizing agent, a chelating agent, and water. Then, the etch rate of the <100> directions of Si is quick, since the etch rate of the <111> directions is the slowest, as shown in drawing, a field (111) appears in a side attachment wall, and the slot of a V character mold is formed for a cross-section configuration.

[0058] If the opening configuration of a mask layer is made into a "rectangle configuration", the result of the above "anisotropic etching" will serve as a reverse pyramid configuration, as shown in drawing 4 (b).

[0059] In addition, SiO₂ film is prepare in the smooth front face of a device ingredient, and if Si crystal of predetermined thickness is form so that a front face may turn into a field (100), and the above-mentioned mask layer is further form on it, since the effectiveness of the above-mentioned anisotropic etching is stop by SiO₂ film of a device material list side, it can form the V character slot of a plane. [pars basilaris ossis occipitalis], or a reverse truncation pyramid configuration.

[0060] Thus, it will be easily understood by performing isotropic etching into a device ingredient by making the formed concave surface configuration into a start configuration that cylinder side-like a concave surface and a concave spherical-surface configuration can be formed.

[0061] In the example based and explained to drawing 4 (a), drawing 4 (c) carries out patterning of the mask layer to the shape of a slit, makes a device ingredient side (Si (100) side) expose in a slit part, and shows the condition of having performed isotropic etching with the isotropic etching reagent which consists of fluoric acid, a nitric acid, and an acetic acid. In this case, to all the crystal faces, since it is equal, as shown in drawing, the concave surface configuration of a cylinder side configuration will be acquired for the etch rate to Si.

[0062] In the example based and explained to drawing 4 (b), drawing 4 (d) carries out patterning of the mask layer to a circle configuration, makes a device ingredient side (Si (100) side) expose in a circular part, and shows the condition of having performed "isotropic etching" with the isotropic etching reagent

which consists of fluoric acid, a nitric acid, and an acetic acid. In this case, to all the crystal faces, since it is equal, as shown in drawing, a concave spherical-surface-like concave surface configuration will be acquired for the etch rate to Si.

[0063] If isotropic etching is performed by making into a start configuration the concave surface configuration formed as shown in drawing 4 (c) and (d), the concave bend side configuration of the concave bend side configuration of a cylinder side configuration or a concave spherical-surface configuration can be formed as the shape of surface type of a device ingredient.

[0064] Drawing 5 is the example which applied the optical device manufacture approach according to claim 5 to manufacture of the array of the micro cylinder lens of negative refractive power.

[0065] By the optical device manufacture approach according to claim 5, "the device ingredient formed in the front face in the layer of a photoresist" is used. In this example, the device ingredient 10 is a transparent optical material, it is parallel plate-like and the layer of the photoresist 20 of a positive is formed in the smooth field of that one side.

[0066] The shape of predetermined surface type is formed in the layer of a photoresist 20 of a "photolithography." In this example, the mask 60 which has the grid pattern which makes the longitudinal direction of drawing 5 (a) the pitch direction was stuck on the front face of a photoresist 20, the homogeneity light exposure was performed, development removed the exposed photoresist part after an appropriate time, and the relief-like pattern of the three dimension according to the above-mentioned grid pattern as shown in drawing 5 (b) was formed as the shape of surface type of a photoresist 20.

[0067] In this condition, "anisotropic etching" is performed to a photoresist layer 20 and the device ingredient 10, and the shape of above-mentioned surface type is carved and copied into a device ingredient. Thus, the configuration by which the engraving copy was carried out is shown in drawing 5 (c). The depth of a configuration: C can be adjusted by adjusting the selection ratio of anisotropic etching.

[0068] "Isotropic etching" is performed to the device ingredient 10 by making into a start configuration the configuration by which the engraving copy was carried out, and the concave bend side configuration according to a start configuration is formed in the device ingredient 10. The optical device which the concave surface configuration formed becomes what arranged the cylinder-like side of concave in the case of this example, therefore is obtained can be used as an array of the micro cylinder lens of negative refractive power.

[0069] The configuration (cross-section configuration) of the cylinder-like side of the concave formed at this time is a start configuration (it changes with flute width:A, the proportion of channel depth:C, and etching conditions in drawing 5 (c)). That is, the configuration after isotropic etching changes with the dimension and etching conditions of a start configuration.

[0070] In drawing 5 (c), dimension:A is small, and as a cross-section configuration approaches a semicircle configuration as shown in drawing 5 (e), and a cylinder-like concave bend side configuration is shown at drawing 5 (d) in the case of reverse, the plane part formed in the base section of a cylinder-like concave surface configuration becomes large, so that dimension:C becomes large, and, so that an etching pressure becomes high.

[0071] In each example explained to drawing 1 - drawing 5, the gestalt of the concave bend side configuration formed can be variously changed by making isotropic etching to a start configuration into dry etching, and changing gradually and/or continuously the nature internal pressure of a reaction under etching (claim 6).

[0072] In the example of drawing 5, it cannot be overemphasized by forming the reflective film in the concave bend side configuration acquired that it can consider as the optical device of a reflective mold. Moreover, of course, the die for convex surface configuration shaping can also be obtained by choosing the suitable ingredient for a device ingredient in each above-mentioned example.

[0073] Hereafter, a concrete example is explained.

[0074] Concrete 1 example of the example of example 1 drawing 1 is explained. On this, the spin coat of the positive type photoresist 20 was carried out, it was prebaked, using a "synthetic quartz ingredient"

as a device ingredient 10, and it considered as the thickness:20micrometer layer. The micro-lens array 50 was stuck in the layer of a photoresist 20, and homogeneity light was irradiated and was exposed.

[0075] This micro-lens array 50 is a thing like a lens or equal.

[0076] Board thickness: The layer of a photoresist was formed in one side of 2.205mm and the parallel plate-like glass ingredient of SF-60, the radius:1.028mm circular convex spherical surface was formed in two-dimensional array by pitch:2mm by the photolithography method, and this convex surface configuration was carved as the shape of surface type of the above-mentioned parallel plate by etching of an anisotropy, and was copied. Thus, the micro-lens array as shown in drawing 1 (a) with a sign 50 was produced.

[0077] The effective diameters of the lens by the refracting interface are 1.600mm and lens pitch:2.0mm. A refracting interface is an aspheric surface configuration and is $Ch^2/\text{formula } Z=[1+\sqrt{1-(k+1)C^2h^2}]/4C=1/R$ of the well-known aspheric surface (R: main radius of curvature).

k: Cone constant: $k=-0.3166581$ in the distance from cone constant and a: 4th aspheric surface constant Z: aspheric surface top-most vertices, the 4th aspheric surface multiplier : it is the configuration specified by $a=0.1501482 \times 10^{-2}$. Parts other than a refracting interface were masked by Ti vacuum evaporation film. Therefore, this micro-lens array is an array of a plano-convex lens.

[0078] Although each refracting interface of the above-mentioned micro-lens array 50 has the aspheric surface configuration which collapsed from the spherical-surface configuration like the above, control of the etching conditions in the case of etching of the above-mentioned anisotropy, i.e., the configuration which crushed the spherical-surface configuration by lowering a selection ratio (the amount of oxygen installation being made [many]), can manufacture it easily.

[0079] This micro-lens array 50 was stuck in the layer of the photoresist on a device ingredient like the above, and it exposed using the wavelength:436nm light source for exposure. Light for exposure was made into the convergence flux of light by each refracting interface of the micro-lens array 50, and as shown in drawing 1 (a), it condensed on the front face of the device ingredient 10. Development removed after exposure the part by which light was irradiated. The removed part is a earthenware mortar-like reverse conical surface. "A half-vertical angle (one half of the angle of the cone crowning when cutting a conical surface at the flat surface which passes along the symmetry axis of a conical surface)" of this reverse conical surface corresponds to the convergence situation of the exposure flux of light. The above-mentioned half vertical angle was 48 degrees.

[0080] Thus, the two-dimensional-array array of a reverse conical-surface-like concave surface configuration has been formed as the shape of surface type of a photoresist 20.

[0081] The reverse conical-surface concave surface configuration of the above was made into the "start configuration", and isotropic etching was performed as follows to the photoresist 20 and the device ingredient 10. That is, the device ingredient 10 which had the above-mentioned start configuration formed in the layer of the surface photoresist 20 was set in the ECR plasma etching system, CHF₃, O₂, and Ar gas were introduced, it is the pressure of 8×10^{-3} Torr, and isotropic etching was carried out for 40 minutes. Consequently, the concave spherical-surface configuration was formed according to each start configuration.

[0082] Concrete 1 example of the example of example 2 drawing 2 is explained. The completely same device ingredient 10 as the above-mentioned example 1 and the layer 20 of a photoresist were used. Completely like the example 1, the ECR plasma etching system which introduced CHF₃, O₂, and gas performed anisotropic etching to what formed the two-dimensional-array array of a reverse conical-surface-like concave surface configuration in the layer of a photoresist 20 for 20 minutes on condition that $2 - 3 \times 10^{-4}$ Torr, each above-mentioned concave surface configuration was deepened to the device ingredient side, and it considered as the 2nd concave surface configuration (concave surface configuration 202 of the shape of a reverse conical surface of drawing 2 (a)).

[0083] The concave bend side configuration of the aspheric surface as shown in drawing 2 (b) was able to be formed by making this 2nd concave surface configuration into a start configuration, introducing

CHF₃, O₂, and Ar gas in the same ECR plasma etching system, adjusting an introductory quantity of gas flow and etching conditions, decreasing a selection ratio, and performing isotropic etching for 20 minutes on condition that $8 \times 10^{-3} \text{ Torr}$.

[0084] Concrete 1 example of the example of example 3 drawing 3 is explained. Cr vacuum evaporation film (it is equal to isotropic etching) was formed in one side of the same device ingredient as examples 1 and 2, by the photolithography and wet etching, the mask pattern 30 (pattern which arranged opening of a circle configuration to two-dimensional) was formed, and the layer of a photoresist 20 was formed on it.

[0085] In the example 1, similarly, what formed the array of a reverse conical-surface-like concave surface configuration in the photoresist was set in the ECR plasma etching system, CHF₃, O₂, and gas were introduced, anisotropic etching was performed for 20 minutes on condition that $2 - 3 \times 10^{-4} \text{ Torr}$, the above-mentioned concave surface configuration was deepened into the device ingredient 10, and it considered as the 2nd concave surface configuration 203. Then, the mask pattern by Cr vacuum evaporation film was removed, again, CHF₃, O₂, and Ar gas were introduced by the above-mentioned ECR etching system, isotropic etching was performed for 20 minutes on condition that $8 \times 10^{-3} \text{ Torr}$, and the array of the concave bend side configuration of the aspheric surface as shown in drawing 3 (d) has been formed.

[0086] The concrete example of the example of drawing 4 is explained.

Using the Si crystal version as example 4 device ingredient 10A, that (100) field was ground at the flat surface, SiO₂ film was formed on this field, on it, the photoresist was applied further and mask layer 20A was formed by the layer of a photoresist, and SiO₂ film.

[0087] Width of face: After forming a 1-dimensional grid-like pattern (30 micrometers and pitch:100micrometer) in the layer of a photoresist by the photolithography, by using the pattern of a photoresist as a mask, dry etching was performed, patterning of the above-mentioned 1-dimensional grid-like pattern was carried out to SiO₂ film, and the above-mentioned (100) field was made to expose according to a pattern. When etched with the etching reagent (an oxidizing agent (ECHIRE diamine), a chelating agent (pyrocatechol), water mixed liquor), the cross-section [of V characters]-like slot was formed in the device ingredient 10A front face of anisotropic etching (drawing 4 (a)).

[0088] What removed the layer of the above-mentioned photoresist was able to be set in the ECR plasma etching system, CF₄ gas was able to be introduced, isotropic etching was able to be performed for 110 minutes on condition that $8 \times 10^{-3} \text{ Torr}$, and the cross section was able to form the array of the cylinder side of the concave of a semicircle configuration as the shape of surface type of device ingredient 10A.

[0089] Perform patterning to mask layer 20A formed in device ingredient 10A of an example 5 above-mentioned Si crystal, and patterning of the diameter:30micrometer circular configuration is carried out to SiO₂ film. (100) When the circle configuration was made to expose a field and it etched with the etching reagent in this condition, the reverse pyramid-like concave surface configuration of having the square base whose die length of one side is 30 micrometers according to the effectiveness of isotropic etching was formed (drawing 5 (b)).

[0090] What removed the layer of the photoresist of the above-mentioned mask layer was set in the ECR plasma etching system, CF₄ gas was introduced, isotropic etching was performed for 110 minutes on condition that $8 \times 10^{-3} \text{ Torr}$, and the concave spherical surface has been formed in the front face of device ingredient 10A as a concave bend side configuration.

[0091] The same mask layer 20A as examples 4 and 5 was formed on the (100) field, using Si crystal plate as example 6 device ingredient 10A. Patterning of the 1-dimensional grid-like pattern (width-of-face:30micrometer and pitch:100micrometer) was carried out to mask layer 20A like the example 4. When device ingredient 10A was etched with the etching reagent (mixed liquor of fluoric acid, a nitric acid, and an acetic acid), the one-dimensional array of a slot (drawing 4 (c)) with the cross-section configuration near [in a U character mold] an abbreviation semicircle was formed of isotropic etching.

[0092] What removed the layer of the photoresist of the above-mentioned mask layer was able to be set in the ECR plasma etching system, CF₄ gas was able to be introduced, isotropic etching was able to be performed for 110 minutes on condition that 8x10⁻³Torr, and the cross section was able to form the one-dimensional array of the cylinder side of the concave of a semicircle configuration as the shape of surface type of device ingredient 10A.

[0093] The same mask layer 20A as examples 4, 5, and 6 was formed on the (100) field, using Si crystal plate as example 7 device ingredient 10A. When carried out patterning of the diameter:30micrometer circular configuration, and the circle configuration was made to expose a field (100) like an example 5 and having been etched with the etching reagent, the semicircle spherical surface which has the circle configuration whose diameter is 30 micrometers according to the effectiveness of isotropic etching was formed as a concave surface configuration (drawing 4 (d)).

[0094] What removed the layer of the photoresist of the above-mentioned mask layer 20A was set in the ECR plasma etching system, CF₄ gas was introduced, isotropic etching was performed for 110 minutes on condition that 8x10⁻³Torr, and the concave spherical-surface configuration has been formed.

[0095] The example of invention according to claim 5 is explained.

The layer of a photoresist 20 was formed in the one side, using the parallel plate of synthetic quartz as an example 8 device ingredient. Using the photolithography method, a diameter:4micrometer circular pattern is formed in the shape of two-dimensional in 7-micrometer pitch, a device ingredient is etched into a depth of 1.15 micrometers by the ECR plasma-etching method, and the configuration of the above-mentioned circular pattern is carved and copied into a device ingredient.

[0096] The device ingredient from which the layer of the above-mentioned photoresist was removed was set in the ECR plasma etching system, CHF₃ and O₂ gas were introduced, isotropic etching was performed for 24 minutes on condition that 8x10⁻³Torr, and the semicircle ball concave surface configuration which has a flat part in a pars basilaris ossis occipitalis has been formed.

[0097] In the layer of the photoresist formed in the device ingredient which is the parallel plate of synthetic quartz like the example 9, by the photolithography, array array formation of the diameter:2.0micrometer circular pattern is carried out in 5-micrometer pitch two-dimensional, and it etches into a depth of 0.8 micrometers by the ECR plasma-etching method, and a device ingredient is engraved with the configuration of the above-mentioned circular pattern, and it is copied.

[0098] The device ingredient from which the layer of the above-mentioned photoresist was removed was set in the ECR plasma etching system, CHF₃ and O₂ gas were introduced, isotropic etching was performed for 16 minutes on condition that 8x10⁻³Torr, and the array array of the semicircle globular form concave bend side configuration which has a flat part in a base as well as an example 8 has been formed.

[0099] In the layer of the photoresist formed in the device ingredient which is the parallel plate of example 10 synthetic quartz, by the photolithography, array array formation is carried out in 7-micrometer pitch two-dimensional, a diameter:1.0micrometer circular pattern is etched into a depth of 1.5 micrometers by the ECR plasma-etching method, a device ingredient is engraved with the configuration of the above-mentioned circular pattern, and it is copied.

[0100] When the device ingredient from which the layer of the above-mentioned photoresist was removed was set in the ECR plasma etching system, CHF₃ and O₂ gas were introduced and it etched for 45 minutes on condition that 8x10⁻³Torr, it differed in the above-mentioned examples 8 and 9, and the array array of the semicircle globular form concave bend side configuration which does not have a flat part in a base has been formed.

[0101] The optical device manufactured according to examples 8, 9, and 10 can be used as a reticle (mat plate).

[0102]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, the new optical device and optical device manufacture approach can be offered (claims 1-8).

[0103] Since invention according to claim 1 to 6 performs isotropic etching after forming a start configuration first like ****, it can form the concave bend side configuration of the large range as the shape of device surface type with the combination of a start configuration and isotropic etching.

[0104] An optical device according to claim 7 can be used as an optical element with a negative refracting interface, for example, a micro concave lens, a micro concave lens array, or a die for convex surface configuration shaping.

[0105] An optical device according to claim 8 can be used as an optical element with the reflector of a concave bend side configuration, for example, a micro concave mirror, and a micro concave mirror array.

[0106] By adopting isotropic etching, as for claim 7 and the optical device of eight publications which are manufactured by invention according to claim 1 to 6, the concave bend side configuration formed has little variation, and they can be realized by low cost.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing for explaining one example of invention according to claim 1.

[Drawing 2] It is drawing for explaining one example of invention according to claim 2.

[Drawing 3] It is drawing for explaining one example of invention according to claim 3.

[Drawing 4] It is drawing for explaining one example of invention according to claim 4.

[Drawing 5] It is drawing for explaining one example of invention according to claim 5.

[Description of Notations]

10 Device Ingredient

20 Photoresist

50 Micro-Lens Array Used for Exposure of Layer of Photoresist

[Translation done.]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-248403

(43) 公開日 平成7年(1995)9月26日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 3/00

識別記号

A

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平6-41303

(22) 出願日 平成6年(1994)3月11日

(71) 出願人 000115728

リコー光学株式会社

岩手県花巻市大畑第十地割109番地

(72) 発明者 梅木 和博

岩手県花巻市大畑第10地割109番地・リコー光学株式会社内

(72) 発明者 佐藤 正明

岩手県花巻市大畑第10地割109番地・リコー光学株式会社内

(74) 代理人 弁理士 樺山 亨 (外1名)

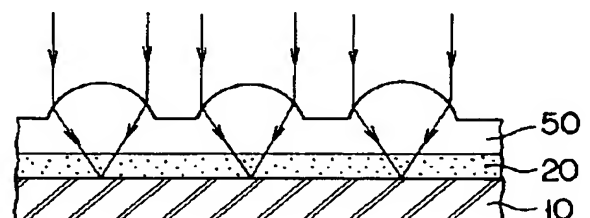
(54) 【発明の名称】 光学デバイス・光学デバイス製造方法

(57) 【要約】

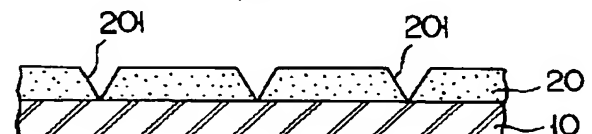
【目的】 エッチングを利用して凹面を形成した新規な光学デバイスを実現する。

【構成】 フォトリソスト20の層を表面に形成されたデバイス材料10の、フォトリソスト20の層に対して露光と現像とを行って、所定の凹面形状201をフォトリソスト20の層に形成し、凹面形状201を出発形状とし、フォトリソスト20の層とデバイス材料10とに対して等方性のエッチングを行い、凹面形状201に応じた凹曲面形状101をデバイス材料10に形成する。

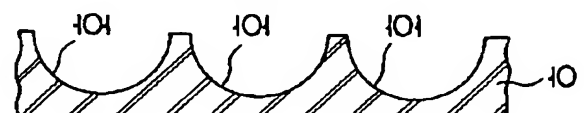
(a)



(b)



(c)



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォトリソグレイの層を表面に形成されたデバイス材料の、上記フォトリソグレイの層に対して露光と現像とを行って、所定の凹面形状を上記フォトリソグレイの層に形成し、

上記凹面形状を出発形状とし、フォトリソグレイの層とデバイス材料とに対して等方性のエッチングを行い、上記凹面形状に応じた凹曲面形状を上記デバイス材料に形成することを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項2】 フォトリソグレイの層を表面に形成されたデバイス材料の、上記フォトリソグレイの層に対して露光と現像とを行って、所定の凹面形状を上記フォトリソグレイの層に形成し、

フォトリソグレイの層とデバイス材料に対して異方性のエッチングを行って、上記凹面形状をデバイス材料側へ深めた第2凹面形状を形成し、

上記第2凹面形状を出発形状として、上記フォトリソグレイの層とデバイス材料とに対して等方性のエッチングを行い、上記第2凹面形状に応じた凹曲面形状を上記デバイス材料に形成することを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項3】 耐エッチング性材料による所定のマスクパターンを介してフォトリソグレイの層を、表面に形成されたデバイス材料の、上記フォトリソグレイの層に対して露光と現像とを行って、所定の凹面形状を上記フォトリソグレイの層に形成し、

フォトリソグレイの層とデバイス材料に対して異方性のエッチングを行って、上記凹面形状をデバイス材料側へ深めた第2凹面形状を形成し、

上記第2凹面形状を出発形状として、デバイス材料に対して等方性のエッチングを行い、上記第2凹面形状に応じた凹曲面形状を上記デバイス材料に形成することを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項4】 エッチングを妨げる材料を含むマスク層を表面に形成されたデバイス材料の、上記マスク層に対し、所定のパターンをパターニングして、デバイス材料の表面を上記パターンに従って露呈させ、

上記デバイス材料に対して等方性もしくは異方性のエッチングを行い、上記パターンに従う凹面形状を形成し、上記マスク層を除去したのち、上記凹面形状を出発形状として等方性のエッチングを行い、上記凹面形状に応じた凹曲面形状を上記デバイス材料に形成することを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項5】 フォトリソグレイの層を表面に形成されたデバイス材料の、上記フォトリソグレイの層に対しフォトリソグラフィにより、所定の表面形状を形成し、

上記フォトリソグレイ層とデバイス材料とに対して異方性のエッチングを行い、上記表面形状をデバイス材料に彫り写し、

彫り写された形状を出発形状として、デバイス材料に対

2

し等方性のエッチングを行って、上記凹面形状に応じた凹曲面形状を上記デバイス材料に形成することを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項6】 請求項1または2または3または4または5記載の光学デバイス製造方法において、

凹面形状に対する等方性のエッチングをドライエッチングとし、エッチング中の反応室内圧力を、段階的および／または連続的に変化させることを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項7】 請求項1または2または3または4または5または6記載の光学デバイス製造方法により製造される光学デバイス。

【請求項8】 請求項1または2または3または4または5または6記載の光学デバイス製造方法により、デバイス材料に形成された凹曲面形状に反射膜を形成してなる光学デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は光学デバイス・光学デバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 マイクロレンズを典型例とするマイクロ光学系における屈折面や反射面を創成する方法として、エッチングを利用する方法が知られている（例えば、特開平5-173003号公報）。

【0003】 エッチングを利用する微小曲面の創成は、比較的最近の技術であり、広い可能性を秘めており、活発な技術開発が期待されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 この発明は、エッチングを利用して凹面を形成した、新規な光学デバイスの提供を目的とする（請求項7、8）。

【0005】 この発明の別の目的は、上記新規な光学デバイスを製造するための、新規な光学デバイス製造方法の提供にある（請求項1～6）。

【0006】

【課題を解決するための手段】 請求項1記載の発明の「光学デバイス製造方法」は、「フォトリソグレイの層を表面に形成されたデバイス材料」を用いる。「デバイス材料は」、この明細書において、最終的に「光学デバイス」の実態部分となる材料物質を意味する。デバイス材料は、エッチングが可能な固体であれば、特に制限無く使用することができる。例えば、光学デバイスとして屈折を利用するものを製造する場合であれば、デバイス材料には、ガラス、プラスチック、Si、セラミックス、単結晶材料等を好適に用いるし、反射を利用する光学デバイスを製造する場合であれば、上記各種材料の他に、各種金属や、超合金等、Siの金属材料・非晶質金属材料、SiC、Si₃N₄、SiAlON等のセラミック材料を利用できる。

(3)

3

【0007】上記フォトレジストの層に対し露光と現像とを行って、「所定の凹面形状」をフォトレジストの層に形成する。続いて、上記凹面形状を「出発形状」とし、フォトレジストの層とデバイス材料とに対して「等方性のエッチング」を行い、上記凹面形状に応じた凹曲面形状をデバイス材料に形成する。

【0008】請求項2記載の発明の「光学デバイス製造方法」も、「フォトレジストの層を表面に形成されたデバイス材料」を用いる。上記フォトレジストの層に対し露光と現像とを行って、「所定の凹面形状」をフォトレジストの層に形成する。次いで、フォトレジストの層とデバイス材料に対して「異方性のエッチング」を行い、上記凹面形状をデバイス材料側へ深めた「第2凹面形状」を形成する。

【0009】続いて、第2凹面形状を出発形状として、フォトレジストの層とデバイス材料とに対して「等方性のエッチング」を行い、上記第2凹面形状に応じた凹曲面形状をデバイス材料に形成する。

【0010】請求項3記載の発明の「光学デバイス製造方法」は、「耐エッチング性材料による所定のマスクパターンを介してフォトレジストの層を、表面に形成されたデバイス材料」を用いる。即ち、デバイス材料の表面には、対エッチング性材料による所定のマスクパターンが形成され、このマスクパターン上にフォトレジスト層が形成される。

【0011】上記フォトレジストの層に対し露光と現像とを行って、「所定の凹面形状」をフォトレジストの層に形成する。

【0012】次いで、フォトレジストの層とデバイス材料に対して異方性のエッチングを行って、上記凹面形状をデバイス材料側へ深めた「第2凹面形状」を形成する。フォトレジストの層とデバイス材料との間には、「マスクパターン」が介在され、マスクパターンは耐エッチング性であるためエッチングされないもので、異方性のエッチングにより形成される「第2凹面形状」は、請求項2記載の発明における第2凹面形状とは異なったものとなり得る。

【0013】続いて、第2凹面形状を出発形状として、デバイス材料に対して「等方性のエッチング」を行い、上記第2凹面形状に応じた凹曲面形状をデバイス材料に形成する。このとき、必要に応じてマスクパターンを除去しても良い。

【0014】請求項4記載の「光学デバイス製造方法」は、「エッチングを妨げる材料を含むマスク層を表面に形成されたデバイス材料」を用いる。上記マスク層に対し、所定のパターンをパターンニングして、「デバイス材料の表面を上記パターンに従って露呈」させる。次いで、デバイス材料に対して等方性もしくは異方性のエッチングを行い、上記パターンに従う凹面形状を形成する。続いて、マスク層を除去し、上記凹面形状を出発形

4

状として「等方性のエッチング」を行い、上記出発形状に応じた凹曲面形状をデバイス材料に形成する。

【0015】請求項5記載の「光学デバイス製造方法」は、「フォトレジストの層を表面に形成されたデバイス材料」を用いる。

【0016】フォトレジストの層に対しフォトリソグラフィにより、「所定の表面形状」を形成し、フォトレジスト層とデバイス材料とに対し異方性のエッチングを行い、上記表面形状をデバイス材料に彫り写す。

10 【0017】「彫り写された形状」を出発形状として、デバイス材料に対し「等方性のエッチング」を行って、出発形状に応じた凹曲面形状をデバイス材料に形成する。

【0018】請求項6記載の「光学デバイス製造方法」は、上記請求項1～5記載の光学デバイス製造方法において、出発形状に対して行われる等方性のエッチングを「ドライエッチング」とし、エッチング中の反応室内圧力を、段階的および/または連続的に変化させる。

20 【0019】これら請求項1～6記載の光学デバイス製造方法において、デバイス材料に形成される凹曲面形状は、「屈折面形状」もしくは「反射面形状」として利用できる。なお、上記請求項1～6記載の光学デバイス製造方法において、デバイス材料に形成する凹曲面形状は1つでも2以上でもよく、複数の凹曲面形状を形成する場合には、これらをアレイ配列形状に形成することができる。

【0020】また、デバイス材料に形成される凹曲面形状は、凹球面や凹の非球面はもとより、凹のシリンダ面や凹の変形シリンダ面、さらには凹の回転楕円面等、種々の形状が可能である。

【0021】上記請求項4記載の光学デバイス製造方法における「エッチングを妨げる材料を含むマスク層を表面に形成されたデバイス材料」としては、「Si(100)面を選択的に形成した、もしくはSi(100)面を有する面で研磨してなるデバイス材料」上にSiO₂膜を設け、その上にフォトレジストの層を設け、SiO₂膜とフォトレジストの層とをマスク層としたもの」を用いることができる。

40 【0022】請求項7記載の「光学デバイス」は、請求項1～6記載の光学デバイス製造方法により製造される光学デバイスである。請求項1～6記載の光学デバイス製造方法で、凹曲面形状を形成されるデバイス材料が「透明な材料」である場合には、形成される凹曲面形状を負の屈折面として利用でき、「光学デバイス」としては、マイクロ凹レンズやマイクロ凹レンズアレイ(凹曲面形状がアレイ状に形成される場合)等として利用できる。勿論、同一のデバイス材料に、凹曲面形状と組み合わせて凸曲面形状を形成し、これらを凹と凸の屈折面として組み合わせることも可能である。

50 【0023】また、請求項1～6記載の光学デバイス製

(4)

5

造方法で形成される凹曲面形状に反射膜を形成することにより「凹反射面」として利用でき（請求項8）、光学デバイスとしては、マイクロ凹面鏡やマイクロ凹面鏡アレイ等として利用できる。

【0024】デバイス材料として、前述の超鋼合金等、Siの金属材料・非晶質金属材料、SiC、Si₃N₄、SiAlON等のセラミック材料を用いた場合、請求項7記載の光学デバイスは、形成された凹曲面形状を反転させた凸曲面形状を形成するための「成型型」として使用できる。

【0025】また、等方性エッチングは、ECRプラズマエッチングやRIE等の物理的エッチングであることが好ましい。

【0026】

【作用】上記の如く、この発明においては、まず、「出発形状」としての凹面形状が形成され、この凹面形状に対して「等方性のエッチング」を行うことにより、目的とする凹曲面形状をデバイス材料に形成する。従って、「出発形状としての凹面形状と等方性のエッチングとの組合せ」により、広範な凹曲面形状の創成が可能となる。

【0027】等方性のエッチングでは、エッチングがあらゆる方向へ様に進行するので、例えば断面形状が「矩形」や「楔型」の凹面形状は、等方性のエッチングにより断面が「円弧形状」の曲面形状に変化していくが、その変化の過程で、種々の凹曲面形状が現れるので、等方性のエッチングのエッチング時間により種々の凹曲面形状を実現できる。

【0028】あるいは、請求項6記載の発明のように、等方性エッチングをドライエッチングとし、反応室内圧力を、段階的および／または連続的に変化させるにより、より広範な凹曲面形状を実現することができる。

【0029】なお、出発形状は、目的とする凹曲面形状（径、ピッチ、深さ）や、基板材料、エッチング条件等に応じて、実験的および／または理論的に決定される。

【0030】

【実施例】以下、具体的な実施例を説明する。図1は、請求項1記載の光学デバイス製造方法を、負の屈折力のマイクロレンズのアレイの製造に適用した実施例を説明するための図である。

【0031】図1（a）において、符号10で示すデバイス材料は、透明な光学材料で平行平板状であり、その一方の平坦な面に、ポジのフォトレジスト20の層が形成されている。

【0032】請求項1記載の光学デバイス製造方法では、まず、フォトレジスト20の層に露光と現像を行って、所定の凹面形状をフォトレジスト20の層に形成するのであるが、図1の実施例では、図1（a）に示すように、マイクロレンズアレイ50を用いて露光を行って

6

の片面に、凸の屈折面をアレイ配列してなり、図示されていないが、屈折面以外の部分は遮光膜を形成されている。

【0033】マイクロレンズアレイ50の上方から、均一光を照射すると、各屈折面に入射した光は屈折面の作用により集光され、収束光束となってフォトレジスト20の層に入射する。マイクロレンズアレイ50は、フォトレジスト20の層の表面に密接して配備され、フォトレジスト20の層の厚さは、上記屈折面による収束光束が、丁度、フォトレジスト20の層とデバイス材料10の表面との境界面部分に集光するように設定されている。

【0034】このように露光を行ったら、現像を行い、フォトレジスト20における露光された部分を除去する。すると、図1（b）に示すように、断面がV字型の凹面形状201が形成される。この凹面形状201は、円錐面を逆にした「すり鉢状」の凹面である。

【0035】この「すり鉢状」の凹面形状201を「出発形状」として、「等方性のエッチング」を行うと、図1（c）に示すように、出発形状である「すり鉢状の凹面形状」に応じた「凹曲面形状」として、凹球面形状101をデバイス材料10の表面形状として形成できる。このようにして、凹球面形状101を屈折面とする、マイクロ凹レンズアレイが得られる（請求項7）。

【0036】上記凹球面形状101に反射膜を形成すれば、マイクロ凹面鏡アレイとして使用できる（請求項8）。

【0037】なお、図1において、マイクロレンズアレイ50における凸の屈折面を、図1（a）の図面に直交する方向へ長いシリンダ面とすれば、デバイス材料10には凹のシリンダ面の配列を形成できることは容易に理解されるであろう。勿論、このような凹のシリンダ面に反射膜を形成して良いことは言うまでもない。

【0038】図2は、請求項2記載の光学デバイス製造方法を、負の屈折力のマイクロレンズのアレイの製造に適用した実施例を説明するための図である。

【0039】請求項2記載の光学デバイス製造方法では、図1に即して説明した請求項1記載の光学デバイス製造方法の場合と同じく、「フォトレジストの層を表面に形成されたデバイス材料」が用いられ、フォトレジストの層に対して露光と現像とを行って、所定の凹面形状を上記フォトレジストの層に形成する。従って、上記所定の凹面形状がフォトレジストの層に形成されるまでは、請求項1記載の光学デバイス製造方法の場合と同じである。

【0040】そこで、この実施例においても、フォトレジストの層に所定の凹面形状を形成するまでは、図1の実施例における（a）、（b）の工程と同様であるとする。

【0041】図1（b）に示すように、フォトレジスト

(5)

7

20の層に、所定の曲面形状が形成されたら、次には、フォトレジスト20の層とデバイス材料10に対して異方性のエッチングを行って、上記凹面形状(図1(b)の符号201で示す部分)をデバイス材料10側へ深めて、図2(a)に示す如き第2凹面形状202を形成する。

【0042】その後、第2凹面形状202を出発形状として、フォトレジスト20の層とデバイス材料10に対して「等方性のエッチング」を行うと、図2(b)に示すように第2凹面形状202に応じた凹曲面形状102をデバイス材料10に形成することができる。

【0043】この例では、フォトレジスト20とデバイス材料10とで、等方性エッチングに対するエッチング速度が異なり、形成された凹曲面形状102は、頂部近傍の曲率の強い「非球面形状」となっている。

【0044】図3は、請求項3記載の光学デバイス製造方法を、負の屈折力のマイクロレンズのアレイの製造に適用した実施例を説明するための図である。

【0045】請求項3記載の光学デバイス製造方法では、「耐エッチング性材料による所定のマスクパターンを介してフォトレジストの層を、表面に形成されたデバイス材料」が用いられる。

【0046】この実施例では、透明な光学材料である平行平板状のデバイス材料10の片側の面に、耐エッチング性材料による所定のマスクパターン30を介して、フォトレジスト20の層が形成されている。マスクパターンは、マイクロレンズアレイ50の凸の屈折面の配列に対応して開口部を持つパターンである。

【0047】マイクロレンズアレイ50を介して均一光照射を行ってフォトレジスト20の層を露光し、現像すると、図3(b)に示すように、所定の凹面形状201がフォトレジスト20に形成される。ここまでのプロセスは、図1の実施例の場合と同様である。

【0048】この状態から、フォトレジスト20の層とデバイス材料10に対して異方性のエッチングを行って、図3(c)に示すように、凹面形状201をデバイス材料10側へ深めた第2凹面形状203を形成する。このとき、マスクパターン203は、異方性エッチングに対する耐性を持ち、エッチングされない。

【0049】マスクパターン30を除去したのち、第2凹面形状203を出発形状として、デバイス材料10に対して「等方性のエッチング」を行うと、図3(d)に示すように第2凹面形状203に応じた凹曲面形状103をデバイス材料10に形成することができる。

【0050】出発形状が、先端部を円錐状にしたシリンダ状であることにより、形成された凹曲面形状103は、頂部近傍の曲率の強い「非球面形状」となっている。

【0051】これから明らかなように、請求項2、3記載の光学デバイス製造方法は、凹の非球面形状を持つ光

8

学デバイスの製造に適している。勿論、マイクロレンズアレイ50における屈折面を、図3(a)の、図面に著工する方向へ長いシリンダ面とすれば、デバイス材料には、横断面形状が、図2(b)、図3(d)の面形状で与えられるような変形シリンダ面の配列が得られる。

【0052】これら図2、3に示す実施例で、デバイス材料に形成された凹曲面形状に反射面を形成してマイクロ凹面鏡アレイとして使用できることは勿論である。

【0053】図4は、請求項4記載の光学デバイス製造方法の実施例を説明するための図である。

【0054】請求項4記載の光学デバイス製造方法では、「エッチングを妨げる材料を含むマスク層を表面に形成されたデバイス材料」が用いられる。図4(a)において、デバイス材料10AはSi材料で構成され、Si(100)面を選択的に形成した、または選択的に(100)面を有する面で研磨した平滑な面を有する。

【0055】このようなデバイス材料10Aの上記(100)面上に、SiO₂膜を設け、その上にフォトレジストの層を設け、これらSiO₂膜とフォトレジストの層とでマスク層20Aを構成している。

【0056】マスク層20Aに対し、所定のパターン(図の例ではスリット状)をパターンニングして、デバイス材料の表面をパターンに従って露呈させる。

【0057】この状態において、酸化剤、キレート剤、水から構成される異方性エッチング液で「異方性エッチング」を施す。すると、Siの〈100〉方向のエッチング速度が速く、〈111〉方向のエッチング速度が最も遅いために、図のように、側壁に(111)面が表れ、断面形状がV字型の溝が形成される。

【0058】マスク層の開口形状を「矩形形状」とすると、上記「異方性エッチング」の結果は、図4(b)に示すように、逆ピラミッド形状となる。

【0059】なお、デバイス材料の平滑な表面にSiO₂膜を設け、その上に所定の厚さのSi結晶を、表面が(100)面となるように形成し、さらに上記マスク層を形成すると、上記異方性エッチングの効果は、デバイス材料表面のSiO₂膜で止められるから、底部が平面状のV字溝あるいは、逆截頭ピラミッド形状を形成できる。

【0060】このようにして、形成された凹面形状を出発形状としてデバイス材料に等方性エッチングを行うことにより、シリンダ面状の凹面や、凹球面形状を形成できることは容易に理解されよう。

【0061】図4(c)は、図4(a)に即して説明した例において、マスク層をスリット状にパターンニングして、スリット部分でデバイス材料面(Si(100)面)を露呈させ、フッ酸、硝酸、酢酸から構成される等方性エッチング液で等方性エッチングを施した状態を示している。この場合は、Siに対するエッチング速度が全ての結晶面に対して等しいため、図のように、シリン

(6)

9

ダ面形状の凹面形状が得られることになる。

【0062】図4(d)は、図4(b)に即して説明した例において、マスク層を円形状にパターニングして円形部分でデバイス材料面(Si(100)面)を露呈させ、フッ酸、硝酸、酢酸から構成される等方性エッチング液で「等方性エッチング」を施した状態を示している。この場合は、Siに対するエッチング速度が全ての結晶面に対して等しいため、図のように、凹球面状の凹面形状が得られることになる。

【0063】図4(c)、(d)に示すように形成された凹面形状を出発形状として、等方性エッチングを行えば、シリンダ面形状の凹曲面形状あるいは凹球面形状の凹曲面形状をデバイス材料の表面形状として形成することができる。

【0064】図5は、請求項5記載の光学デバイス製造方法を、負の屈折力のマイクロシリンダレンズのアレイの製造に適用した実施例である。

【0065】請求項5記載の光学デバイス製造方法では、「フォトレジストの層を表面に形成されたデバイス材料」が用いられる。この実施例において、デバイス材料10は透明な光学材料であり、平行平板状であって、その片側の平滑な面に、ポジのフォトレジスト20の層が形成されている。

【0066】フォトレジスト20の層には、「フォトリソグラフィ」により、所定の表面形状が形成される。この例では、図5(a)の、左右方向をピッチ方向とする、格子パターンを有するマスク60を、フォトレジスト20の表面に密着させて均一光照射を行い、しかる後、露光されたフォトレジスト部分を現像により除去し、図5(b)に示すような、上記格子パターンに従う3次元のレリーフ状パターンをフォトレジスト20の表面形状として形成した。

【0067】この状態において、フォトレジスト層20とデバイス材料10とに対して「異方性エッチング」を行い、上記表面形状をデバイス材料に彫り写す。このように彫り写された形状を、図5(c)に示す。形状の深さ：Cは、異方性エッチングの選択比を調整することにより調整可能である。

【0068】彫り写された形状を出発形状として、デバイス材料10に対し、「等方性のエッチング」を行って、出発形状に応じた凹曲面形状をデバイス材料10に形成する。形成される凹面形状は、この実施例の場合、凹のシリンダ状面を配列したものとなり、従って、得られる光学デバイスは、負の屈折力のマイクロシリンダレンズのアレイとして使用できる。

【0069】このとき形成される凹のシリンダ状面の形状(横断面形状)は、出発形状(図5(c)における、溝幅：Aと溝深さ：Cの寸法比とエッチング条件により異なる。即ち、出発形状の寸法とエッチング条件によって、等方性エッチング後の形状が異なる。

10

【0070】図5(c)において、寸法：Aが小さく、かつ、寸法：Cが大きくなるほど、またエッチング圧力が高くなるほど、シリンダ状の凹曲面形状は、図5

(e)に示すように横断面形状が半円形状に近づき、逆の場合には、図5(d)に示すように、シリンダ状の凹面形状の底面部に形成される平面状部分が大きくなる。

【0071】図1～図5に説明した各実施例において、出発形状に対する等方性のエッチングをドライエッチングとし、エッチング中の反応質内圧力を、段階的および/または連続的に変化させることにより、形成される凹曲面形状の形態を様々に変化させることができる(請求項6)。

【0072】図5の実施例においても、得られる凹曲面形状に反射膜を形成することにより反射型の光学デバイスとすることができることは言うまでもない。また、上記各実施例で、デバイス材料に適当な材料を選ぶことにより、凸曲面形状成形用の成型型を得られることも勿論である。

【0073】以下、具体的な例を説明する。

【0074】具体例1

図1の実施例の具体的1例を説明する。デバイス材料10としては「合成石英材料」を用い、この上にポジ型フォトレジスト20をスピンコートし、プリベークして厚さ：20μmの層とした。フォトレジスト20の層にマイクロレンズアレイ50を密着させ、均一光を照射して露光した。

【0075】このマイクロレンズアレイ50は、以下の如きものである。

【0076】板厚：2.205mm、SF-60の平行平板状のガラス材料の片面にフォトレジストの層を形成し、フォトリソグラフィ法によって、半径：1.028mmの円形の凸球面をピッチ：2mmで2次元配列に形成し、この凸曲面形状を異方性のエッチングにより上記平行平板の表面形状として彫り写した。このようにして、図1(a)に符号50で示すようなマイクロレンズアレイを作製した。

【0077】屈折面によるレンズの有効径は1.600mm、レンズピッチ：2.0mmである。屈折面は非球面形状で、周知の非球面の式

$$Z = \{ Ch^2 / 1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2h^2} \} + ah^4$$

$C = 1/R$ (R：中心曲率半径)

k：円錐定数、a：4次の非球面定数

Z：非球面頂点からの距離

における円錐定数：k=-0.3166581、4次の非球面係数：a=0.1501482×10⁻²で特定される形状である。屈折面以外の部分は、Ti蒸着膜でマスクングした。従って、このマイクロレンズアレイは、平凸レンズのアレイである。

【0078】上記マイクロレンズアレイ50の各屈折面

(7)

11

は、上記の如く、球面形状から崩れた非球面形状を有しているが、上記異方性のエッチングの際のエッチング条件の制御、即ち、選択比を下げる（酸素導入量を多くする）により球面形状を押しつぶした形状が容易に製作可能である。

【0079】このマイクロレンズアレイ50を上記の如く、デバイス材料上のフォトリソグレイの層に密着させ、波長：436nmの露光用光源を用いて露光を行った。露光用の光は、マイクロレンズアレイ50の各屈折面で収束光束とされ、図1(a)に示すようにデバイス材料10の表面で集光した。露光後、光が照射された部分を現像により除去した。除去された部分は、すり鉢状の逆円錐面である。この逆円錐面の「半頂角（円錐面の対称軸を通る平面で円錐面を切断したときの円錐頂部の角の半分）」は露光光束の収束状況に対応する。上記半頂角は 48° であった。

【0080】このようにして、逆円錐面状の凹面形状の2次元アレイ配列を、フォトリソグレイ20の表面形状として形成できた。

【0081】上記逆円錐面状の凹面形状を「出発形状」とし、フォトリソグレイ20とデバイス材料10とに対して等方的エッチングを以下のように行った。即ち、表面のフォトリソグレイ20の層に上記出発形状を形成されたデバイス材料10を、ECRプラズマエッチング装置にセットし、 CHF_3 、 O_2 、Arガスを導入して、 $8 \times 10^{-3} \text{Torr}$ の圧力で等方的エッチングを40分間実施した。この結果、各出発形状に応じて、凹球面形状が形成された。

【0082】具体例2

図2の実施例の具体的1例を説明する。上記具体例1と全く同様のデバイス材料10、フォトリソグレイの層20を用いた。具体例1と全く同様にして、フォトリソグレイ20の層に、逆円錐面状の凹面形状の2次元アレイ配列を形成したものに異方性エッチングを、 CHF_3 、 O_2 、ガスを導入したECRプラズマエッチング装置で、 $2 \sim 3 \times 10^{-4} \text{Torr}$ の条件で20分間行い、上記各凹面形状をデバイス材料側へ深めて第2凹面形状（図2(a)の逆円錐面状の凹面形状202）とした。

【0083】この第2凹面形状を出発形状とし、同じECRプラズマエッチング装置において、 CHF_3 、 O_2 、Arガスを導入し、導入ガス流量とエッチング条件を調整して選択比を減少させ、等方性エッチングを $8 \times 10^{-3} \text{Torr}$ の条件で20分間行うことにより、図2(b)に示すような非球面の凹曲面形状を形成することができた。

【0084】具体例3

図3の実施例の具体的1例を説明する。具体例1、2と同じデバイス材料の片面に、Cr蒸着膜（等方性エッチングに耐える）を形成し、フォトリソグラフィとウェットエッチングとにより、マスクパターン30（円形状の

12

開口を2次元に配列したパターン）を形成し、その上にフォトリソグレイ20の層を形成した。

【0085】具体例1におけると同様にして、フォトリソグレイに逆円錐面状の凹面形状の配列を形成したものをECRプラズマエッチング装置にセットし、 CHF_3 、 O_2 、ガスを導入して、 $2 \sim 3 \times 10^{-4} \text{Torr}$ の条件で異方性エッチングを20分間行い、上記凹面形状をデバイス材料10内へ深めて第2凹面形状203とした。その後、Cr蒸着膜によるマスクパターンを除去し、再び上記ECRエッチング装置で、 CHF_3 、 O_2 、Arガスを導入して、等方性エッチングを $8 \times 10^{-3} \text{Torr}$ の条件で20分間行い、図3(d)に示すような、非球面の凹曲面形状の配列を形成できた。

【0086】図4の実施例の具体的例を説明する。

具体例4

デバイス材料10Aとして、Si結晶版を用い、その(100)面を平面に研磨し、この面上に SiO_2 膜を形成し、その上に更にフォトリソグレイを塗布し、フォトリソグレイの層と SiO_2 膜とでマスク層20Aを形成した。

【0087】幅： $30 \mu\text{m}$ 、ピッチ： $100 \mu\text{m}$ の1次元格子状パターンをフォトリソグレイの層にフォトリソグラフィで形成した後、フォトリソグレイのパターンをマスクとしてドライエッチングを行い、 SiO_2 膜に上記1次元格子状パターンをパターンニングし、上記(100)面をパターンに従って露呈させた。エッチング液（酸化剤（エチレンジアミン）、キレート剤（ピロカテコール）、水混合液）でエッチングすると、異方性エッチングにより横断面V字状の溝が、デバイス材料10A表面に形成された（図4(a)）。

【0088】上記フォトリソグレイの層を除去したものを、ECRプラズマエッチング装置にセットし、 CF_4 ガスを導入して、 $8 \times 10^{-3} \text{Torr}$ の条件で110分間、等方性エッチングを行い、横断面が半円形状の凹のシリンダ面の配列を、デバイス材料10Aの表面形状として形成することができた。

【0089】具体例5

上記Si結晶のデバイス材料10Aに形成されたマスク層20Aにパターンニングを行い、 SiO_2 膜に、直径： $30 \mu\text{m}$ の円形形状をパターンニングして、(100)面を円形状に露呈させ、この状態でエッチング液でエッチングすると、等方性エッチングの効果によって、一辺の長さが $30 \mu\text{m}$ の正方形の底面を有する逆ピラミッド状の凹面形状が形成された（図5(b)）。

【0090】上記マスク層のフォトリソグレイの層を除去したものを、ECRプラズマエッチング装置にセットし、 CF_4 ガスを導入して、 $8 \times 10^{-3} \text{Torr}$ の条件で110分間、等方性エッチングを行い、凹曲面形状として凹球面をデバイス材料10Aの表面に形成できた。

【0091】具体例6

(8)

13

デバイス材料10AとしてSi結晶板を用い、その(100)面上に、具体例4, 5と同様のマスク層20Aを形成した。具体例4と同様、幅: $30\mu\text{m}$ 、ピッチ: $100\mu\text{m}$ の1次元格子状パターンをマスク層20Aにパターンニングした。デバイス材料10Aをエッチング液(フッ酸、硝酸、酢酸の混合液)でエッチングすると、等方性エッチングにより横断面形状がU字型で略半円形に近い溝(図4(c))の1次元配列が形成された。

【0092】上記マスク層のフォトレジストの層を除去したものを、ECRプラズマエッチング装置にセットし、 CF_4 ガスを導入して、 $8 \times 10^{-3}\text{Torr}$ の条件で110分間、等方性エッチングを行い、横断面が半円形状の凹のシリンドラ面の1次元配列を、デバイス材料10Aの表面形状として形成することができた。

【0093】具体例7

デバイス材料10AとしてSi結晶板を用い、その(100)面上に、具体例4, 5, 6と同様のマスク層20Aを形成した。具体例5と同様に、直径: $30\mu\text{m}$ の円形形状をパターンニングし、(100)面を円形状に露呈させ、エッチング液でエッチングすると、等方性エッチングの効果によって、直径が $30\mu\text{m}$ の円形状を有する半円球面が凹面形状として形成された(図4(d))。

【0094】上記マスク層20Aのフォトレジストの層を除去したものを、ECRプラズマエッチング装置にセットし、 CF_4 ガスを導入して、 $8 \times 10^{-3}\text{Torr}$ の条件で110分間、等方性エッチングを行って、凹球面形状を形成できた。

【0095】請求項5記載の発明の具体例を説明する。
具体例8

デバイス材料として合成石英の平行平板を用い、その片面にフォトレジスト20の層を形成した。フォトリソグラフィ法を用いて、直径: $4\mu\text{m}$ の円形パターンを $7\mu\text{m}$ ピッチで2次元状に形成し、ECRプラズマエッチング法によりデバイス材料を $1.15\mu\text{m}$ の深さにエッチングして、上記円形パターンの形状をデバイス材料に彫り写す。

【0096】上記フォトレジストの層を除去したデバイス材料を、ECRプラズマエッチング装置にセットし、 CHF_3 , O_2 ガスを導入して、 $8 \times 10^{-3}\text{Torr}$ の条件で24分間、等方性エッチングを行って、底部に平坦な部分がある半円球凹面形状を形成できた。

【0097】具体例9

同様に、合成石英の平行平板であるデバイス材料に形成したフォトレジストの層にフォトリソグラフィにより、直径: $2.0\mu\text{m}$ の円形パターンを $5\mu\text{m}$ ピッチで2次元にアレイ配列形成し、ECRプラズマエッチング法で $0.8\mu\text{m}$ の深さにエッチングして、上記円形パターンの形状をデバイス材料に彫り写す。

【0098】上記フォトレジストの層を除去したデバイス材料を、ECRプラズマエッチング装置にセットし、

14

CHF_3 , O_2 ガスを導入して、 $8 \times 10^{-3}\text{Torr}$ の条件で16分間、等方性エッチングを行って、具体例8と同様、底辺に平坦な部分がある半円球形状の凹曲面形状のアレイ配列を形成できた。

【0099】具体例10

合成石英の平行平板であるデバイス材料に形成したフォトレジストの層に、フォトリソグラフィにより、直径: $1.0\mu\text{m}$ の円形パターンを、 $7\mu\text{m}$ ピッチで2次元にアレイ配列形成し、ECRプラズマエッチング法で $1.5\mu\text{m}$ の深さにエッチングして、上記円形パターンの形状をデバイス材料に彫り写す。

【0100】上記フォトレジストの層を除去したデバイス材料を、ECRプラズマエッチング装置にセットし、 CHF_3 , O_2 ガスを導入して、 $8 \times 10^{-3}\text{Torr}$ の条件で45分間エッチングすると、上記具体例8, 9とは異なり、底辺に平坦な部分がない半円球形状の凹曲面形状のアレイ配列を形成できた。

【0101】具体例8, 9, 10により製造された光学デバイスは、焦点板(マツ板)として利用できる。

【0102】

【発明の効果】以上に説明したように、この発明によれば新規な光学デバイス・光学デバイス製造方法を提供できる(請求項1~8)。

【0103】請求項1~6記載の発明は、上述の如く、先ず出発形状を形成したのちに、等方性エッチングを行うので、出発形状と等方性エッチングとの組合せにより、広い範囲の凹曲面形状をデバイス表面形状として形成することができる。

【0104】請求項7記載の光学デバイスは、負の屈折面を持つ光学素子、例えばマイクロ凹レンズあるいはマイクロ凹レンズアレイ等として、あるいは、凸曲面形状成形用の成形型として使用できる。

【0105】請求項8記載の光学デバイスは凹曲面形状の反射面を持った光学素子、例えばマイクロ凹面鏡やマイクロ凹面鏡アレイとして使用できる。

【0106】請求項1~6記載の発明により製造される請求項7, 8記載の光学デバイスは等方性エッチングを採用することによって、形成される凹曲面形状にバラツキが少なく、低コストで実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1記載の発明の1実施例を説明するための図である。

【図2】請求項2記載の発明の1実施例を説明するための図である。

【図3】請求項3記載の発明の1実施例を説明するための図である。

【図4】請求項4記載の発明の1実施例を説明するための図である。

【図5】請求項5記載の発明の1実施例を説明するための図である。

BEST AVAILABLE COPY

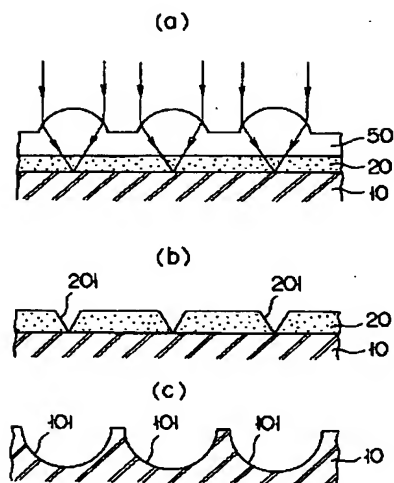
(9)

15

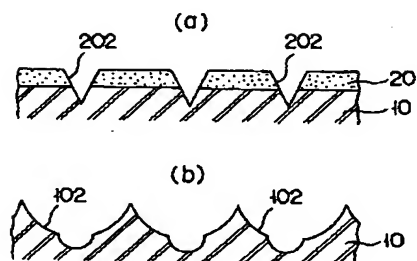
【符号の説明】

- 10 デバイス材料
20 フォトリソグ

【図1】



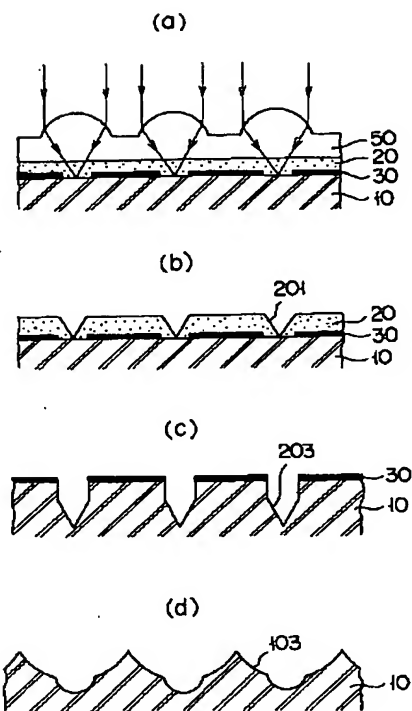
【図2】



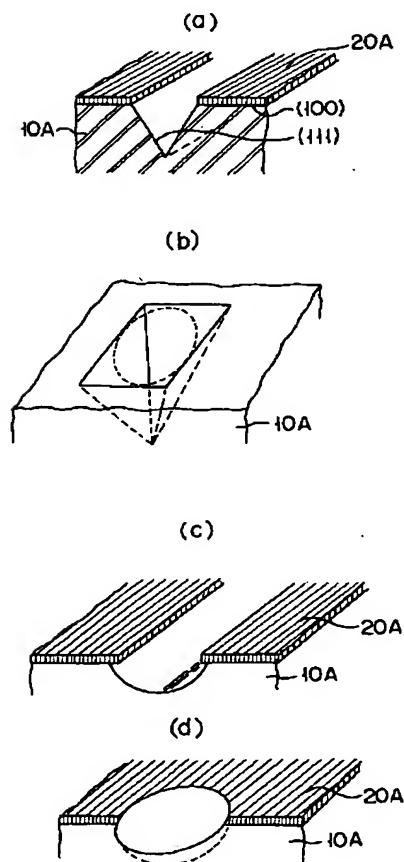
16

50 フォトリソグの層の露光に用いるマイクロ
レンズアレイ

【図3】



【図4】

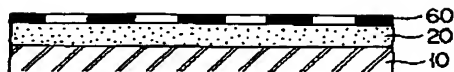


BEST AVAILABLE COPY

(10)

【図5】

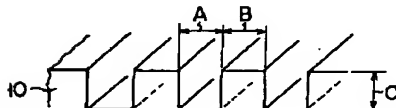
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

